Optimización del Sistema de Comunicación entre despacho de trenes y elementos del patio oeste de Ferrocarril de C.V.G. Ferrominera Orinoco, C.A.

Abnerys Jiménez /*abnerysj@ferrominera.com*

Resumen

El presente trabajo tiene como finalidad de optimizar el sistema de comunicación de los trenes y elementos del patio oeste de ferrocarril de C.V.G Ferrominera Orinoco, C.A., debido a múltiples problemas dentro los cuales podemos citar, deterioro del mismo causado por las condiciones ambientales, se propone cambiar este cable por un sistema de comunicación basado en radio-enlace, utilizando radio módems digitales y PLC's. Este cambio originó una reducción del mantenimiento, aumentando así la eficiencia y la eficacia del sistema. En cuanto al aspecto metodológico, se trabajo en fases sistémicas para poder colocar el sistema en óptimas condiciones. Con la puesta en marcha del sistema se garantizó mayor disponibilidad operativa de los equipos de Comunicación, se redujo los costos operativos y se incremento el conocimiento del personal de Ferrominera de Orinoco, C.A y se logro un aumento de la productividad del área de despacho.
Palabras claves: Despacho, mineral de hierro, Ferrocarril, trenes, patio de almacenaje

Summary

This paper aims to optimize the communication system of trains and elements of the rail yard west of CVG Ferrominera Orinoco, CA, due to multiple problems in which we can mention its deterioration caused by environmental conditions, it is proposed change this cable communication system based on radio link using digital radio modems and PLCs. This change resulted in a reduction of maintenance, thereby increasing the efficiency and effectiveness. Regarding the methodological aspect of systemic work in stages in order to place the system in top condition. With the implementation of the system is ensured greater operational availability of communication equipment, reduced operating costs and increase staff knowledge of Ferrominera Orinoco, CA and achieving an increase in the productivity of office area.
Keywords: despatch, iron ore, railroad, trains, storage place

Recibido: 02 de enero de 2012 | **Aceptado:** 20 de marzo de 2012

Introducción

C.V.G. FERROMINERA ORINOCO tiene como política extraer, procesar y suministrar el mineral de hierro y sus derivados y para ello cuenta con una Estructura Organizativa conformada por distintas Gerencias, entre ellas, la Gerencia de Ferrocarril, que es la encargada del transporte del mineral de hierro desde las minas ubicadas en Ciudad Piar hasta Puerto Ordaz, donde se realiza el procesamiento y comercialización del mismo.

El proceso de transporte de mineral se realiza a través de la vía férrea que conecta ambas ciudades y, al llegar a Puerto Ordaz, se cuenta con un patio de distribución de líneas férreas en las cuales se ordenan los distintos trenes de llegada y salida.

El Patio Oeste de Ferrocarril posee 13 cambiavías y diversas señales que pueden ser controladas y visualizadas desde el despacho de trenes; para esto se cuenta con 4 localidades o armarios de control, en los cuales se concentran estas señales y se comunican mediante un cable telefónico multiconductor de 100 pares, de aproximadamente 2,5 km. de longitud.

A lo largo del tiempo, este cable ha sido objeto en varias oportunidades de actos vandálicos y daños por efectos del medio ambiente ocasionando fallas y, por lo tanto, demoras en las operaciones ferroviarias.

Por estas razones, se propone el reemplazo del cable por un sistema de comunicación basado en radio-enlace, utilizando radio módems digitales y PLC's. Esta modernización mejorará el sistema de comunicación existente entre el Despacho de Trenes y el Patio Oeste de Ferrocarril y fortalecerá los conocimientos técnicos, para lograr una mayor disponibilidad operativa.

Detalles del proyecto

El Patio Oeste de Ferrocarril contiene diferentes líneas férreas señalizadas, las cuales a su vez están conectadas mediante cambiavías con sus respectivas señales de posición.

Actualmente, el Despacho de Trenes cuenta con un Sistema Scada (Sistema de Control y Monitoreo remoto) mediante el cual se realiza el movimiento de los cambiavías para alinear las diferentes rutas a los trenes que ingresan o salen del patio y, al mismo tiempo, se supervisa el esta-

do de cada una de las líneas que lo conforman. Para ello, los equipos de campo (cambiavías, señales y circuitos de vía) establecen comunicación con el sistema mediante un cable de control multiconductor de 100 pares y 2,5 Km de longitud que transmite las señales eléctricas al Despacho de Trenes.

A lo largo del tiempo, el cable de control se ha deteriorado por efectos ambientales (incendios, lluvia, viento, corrosión) y, en los últimos años, ha sido objeto de hurto en varias oportunidades.

La pérdida del control y comunicación con el patio oeste de FFCC provoca que el movimiento de los cambiavías y alineación de las señales sea realizado en forma manual, ocasionando:

» Demoras significativas en el normal desenvolvimiento de las operaciones ferroviarias.
» Mayor esfuerzo físico para el personal que manipula los cambiavías.
» Incremento del riesgo de accidentes ferroviarios.

Es por ello que se propone la modernización del sistema de comunicación del Patio Oeste de Ferrocarril con el Despacho de Trenes, debido a que el proyecto representa una mejora económica significativa para CVG Ferrominera Orinoco, pues garantiza una mayor disponibilidad operativa de los equipos de control y señalización del mismo, evitando demoras en las operaciones ferroviarias por causa de fallas en el sistema de comunicación, riesgos físicos para el personal de operaciones ferroviarias, aunado a la reducción de costos de mantenimiento y disminución de la cantidad de equipos, lo cual implica disminución de las probabilidades de falla del sistema.

El tipo de proyecto es de Adecuación Tecnológica, pues se propone el reemplazo del cable multiconductor por un sistema de radio enlace basado en radio módems digitales y PLC´s para realizar la comunicación entre el Despacho de Trenes y los elementos campo, ubicados en el Patio Oeste de Ferrocarril.

Antecedentes

Desde el inicio de las operaciones ferroviarias en CVG Ferrominera Orinoco, hasta mediados de la década de los 90, la manipulación de los cambiavías del Patio Oeste de Ferrocarril se realizaba en forma manual, es decir, el personal de la tripulación debía bajarse de los trenes para colocar los cambiavías en la posición requerida para realizar las maniobras con el tren y luego devolverlo a su posición original. Como es evidente, este tipo de operación causaba demoras en las operaciones y, por lo tanto, en la producción.

En el año 1995 se automatizó el patio Oeste de Ferrocarril, estableciendo la comunicación y control del despacho de trenes con los dispositivos de campo (cambiavías, señales y circuitos de vía), mediante la instalación de un cable multiconductor de 100 pares y 2,5 km de longitud instalado en forma aérea y relés de múltiples contactos para tomar las señales de campo. A lo largo del tiempo, este cable se ha deteriorado por efectos ambientales (incendios, lluvia, viento, corrosión) y, en los últimos años, ha sido objeto de hurto en varias oportunidades.

Análisis de datos

Realizando un estudio del los registros de fallas por Sistema de Control y Comunicación. 2003 - Octubre 2010 se obtuvo que el 58% de las fallas se debían a problemas con el cable de comunicación.

Igualmente, revisando las estadísticas referentes a demoras operativas ocasionadas por fallas de comunicación en el sistema de señalización del Patio Oeste de Ferrocarril, desde el año 2003 hasta Octubre del 2010, se observó un Tiempo de parada de operaciones (TPO) de 140,26 horas

Este tiempo de 140,26 horas, sólo corresponde al tiempo empleado por el personal de Mantenimiento de Señales en determinar las causas de la falla y autorizar la operación de los trenes en forma manual mientras se soluciona el problema presentado. En términos de oportunidad de transporte de mineral, una (1) hora de parada de trenes equivale a 7.000 Bs., siendo el número de trenes promedio que circulan por el Patio Oeste de Ferrocarril, nueve (9) trenes, para un total de 63.000 Bs.; considerando que los trenes en el patio que van hacia Sidor, tienen un promedio de veinticinco (25) vagones cuya capacidad en de 90 toneladas cada uno, y estimando nueve (9) trenes por hora en el patio, una hora de parada ocasionaría la pérdida de oportunidad de transportar alrededor de 20.550 toneladas, equivalentes a 2.054.972,00 dólares.

Por otro lado, se deben sumar las demoras ocasionadas por manipulación manual de cambiavías mientras existe una falla de comunicación en los equipos: el tiempo de manipulación manual de los equipos es de 12 minutos por nueve (9) trenes por hora (108 minutos, equivalente a 1,8 horas), resulta un total de 12.600,00 Bs. por hora, equivalentes a 2.930,23 dólares, que representan 29 toneladas, considerando el precio de la tonelada de mineral de hierro en 100,00 dólares. Si esta es la única pérdida que se genera por día, al año se tendrá 10.585 toneladas, equivalentes a 1.058.500,00 dólares en pérdida de oportunidad de transporte para CVG Ferrominera Orinoco.

Tomando en cuenta este análisis, el proyecto consistió en el reemplazo del sistema de comunicación entre el Despacho de Trenes y el Patio Oeste de Ferrocarril vía cable por uno vía radio enlace utilizando la banda VHF, que permite reducir las demoras por fallas de comunicación entre el Despacho de Trenes y los elementos del Patio Oeste de Ferrocarril.

Objetivo general:

Optimizar el sistema de comunicación entre despacho de trenes y elementos del patio oeste de ferrocarril de C.V.G. Ferrominera Orinoco, C.A.

Objetivos específicos:

1) Disminuir las demoras operativas ocasionadas por fallas de comunicación en el Sistema de Señalización del patio Oeste de Ferrocarril en un 85%.
2) Incrementar la confiabilidad del sistema al 99%, aumentando el tiempo promedio entre fallas de comunicación.

Aspectos metodológicos

La metodología a utilizar para la ejecución del proyecto fue la siguiente:

a. Se realizó estudio físico del sitio a través de observaciones y evaluaciones en el área de cada caja de control, para determinar si era posible instalar nuevos dispositivos en las mismas.
b. Se hizo una inventario del número de señales de entrada y salida requeridas por el sistema Scada, para determinar la cantidad de PLC's, radio módems, módulos de entrada/salida y otros dispositivos a utilizar.
c. Se realizó la estimación del personal, cantidad de dispositivos (PLC's, módulos I/O, radiomódems, antenas, alimentación eléctrica, entre otros) y obras civiles necesarias para la implementación del radio enlace o instalación de los nuevos paneles de control.
d. Se preparó el cableado y se hizo el montaje de paneles de control en laboratorio antes de su instalación en campo.
e. Se desarrolló programa en PLC e interfaz de usuario y se realizaron las pruebas respectivas en laboratorio antes de su implementación en campo.
f. Se ejecutaron las obras civiles requeridas como lo fueron el traslado de los armarios al sitio donde se instalaron los nuevos paneles de control, se fijaron las cajas de control existentes y se colocó la protección contra actos vandálicos.
g. Se instalaron los paneles de control y fueron acoplados con las señales y circuitos existentes en cada localidad (Km 3.3, Km 2.8, Km 2.5, Km 1.0 del patio oeste de FFCC).
h. Se realizaron pruebas de funcionamiento y puesta en marcha del sistema.
i. Se estableció un período de pruebas del sistema para corregir posibles fallas y/o establecer mejoras al mismo.
j. Se elaboró la documentación técnica del nuevo sistema de comunicación tales como los planos topográficos y funcionales del proyecto.

Instrumentos

Una vez definido el alcance del proyecto se realizó el estudio estadístico de fallas ocasionadas por cortes en el cable de control, utilizando la información contenida en el Sistema MySap y en el Sistema de Planificación y Control de Mantenimiento (SPCM) utilizado en la Superintendencia de Mantenimiento de Señales.

De acuerdo a lo anterior, se puede evidenciar que del total de fallas ocurridas la mayor cantidad fueron ocasionadas por fallas en el cable de control. Estos tiempos de parada son indeseables ya que ocasionan pérdidas de producción a la empresa. A raíz de esto, se realizó el reempla-

zo del cable multiconductor que comunica el Despacho de Trenes con los dispositivos de campo en el Patio Oeste de Ferrocarril por un Sistema de Comunicación inalámbrica utilizando tecnología de radio enlace

Se observó la presencia del cable de control multiconductor de 100 pares que conectaba a los dispositivos de campo con el Despacho de Trenes. Todas las señales estaban cableadas a través de los distintos relés ubicados en las cajas de control en los Km. 3.3, Km. 2.8, Km. 2.5, Km 1.0 y viajaban por el cable multipar hasta un punto ubicado debajo del antiguo despacho en el cual se encuentran módulos de entrada y salida, que son los que finalmente transfieren la información al Controlador Lógico Programable (PLC) ubicado en el Despacho de Trenes par realizar el control y monitoreo de los mismos mediante el Sistema Scada.

El presente proyecto consistió en reemplazo de este cable multiconductor por módulos de entrada y salida ubicados en cada caja de control del Patio Oeste (Km. 3.3, Km. 2.8, Km. 2.5, Km 1.0), que son los toman cada una de las señales de campo y las envían directamente al PLC del Despacho de Trenes desde la localidad correspondiente

El diagrama presentado contempla la instalación de un PLC, un radio módem y módulos de entrada/salida en cada localidad del Patio Oeste que realiza la transmisión de los comandos de control e indicación. Este proyecto se basó en la utilización de una frecuencia de radio VHF dedicada, diferente a la utilizada para el sistema de control de los elementos de campo instalados en la Vía Férrea Principal. En este esquema se observa que la transmisión de los datos se realiza desde cada localidad del Patio, evitando pasar por los módulos ubicados debajo del Antiguo Despacho, lo cual implica un punto menos de falla en el Sistema de Comunicación y el reemplazo de una cantidad considerable de relés de múltiples contactos por pocos módulos de entrada/salida.

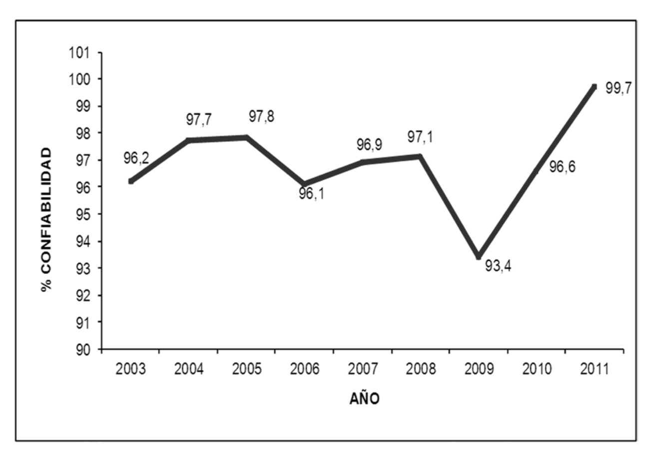
Resultados

En cumplimiento con los objetivos planteados se tiene que:

Se disminuyeron las demoras operativas ocasionadas por fallas de comunicación en el Sistema de Señalización del patio Oeste de Ferrocarril en 85%.

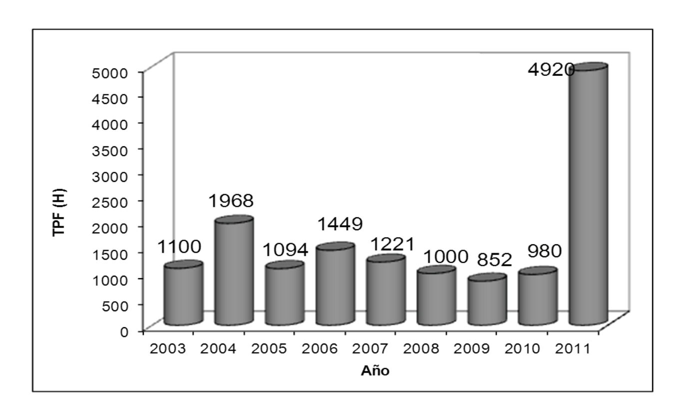
Según los resultados obtenidos, el tiempo promedio de demoras operativas esperado para el año 2011 era de 2,30 horas y el real fue de 40 minutos, lo cual superó las perspectivas de 85 a 96%.

Se incrementó la confiabilidad del sistema a 99%, aumentando el tiempo promedio entre fallas de comunicación



Gráficas 1. Confiabilidad del Sistema 2003-2011

Como se puede evidenciar en la gráfica anterior, se incrementó la confiabilidad del Sistema al 99,7%, superando las expectativas que eran de 99%.



Gráfica Nº 2. Tiempo promedio entre fallas 2003-2011

Como se observa en la Gráfica 2, se incrementó el Tiempo promedio entre fallas a 4920 horas lo que equivale a 307%, es decir que es menor las probabilidades de ocurrencia de fallas de comunicación.

Análisis de costos

La ejecución del proyecto permitió la disminución de costos de mantenimiento y, además, la reutilización de componentes, debido al reemplazo de los relés por módulos de Entrada/Salida, los cuales simplificaron el cableado.

A continuación se presenta una comparación de costos y cantidades de equipos utilizados entre el sistema antiguo (basado en cable multiconductor) y el Sistema propuesto (basado en radio módems digitales).

Cuadro 1. Costos y cantidades de materiales empleados en el sistema antiguo

SISTEMA ANTIGUO			
CANT	**DESCRIPCIÓN**	**COSTOS US$**	**TOTAL US$**
41	DN-22	1.600,00	65.600,00
25	DN-11	1.600,00	40.000,00
4	7053D	160,00	640,00
1	7041D	160,00	160,00
4	7067D	190,00	760,00
2.5KM	CABLE MULTIPAR 100 PARES	50,23	125.581,40
100	TERMINALES	1,00	100,00
TOTAL US$			**232.841,40**

Cuadro 2. Costos y cantidades de materiales empleados en el nuevo sistema implementado.

SISTEMA NUEVO				
No Items	**Cantidad**	**Descripción**	**Precio U (US$)**	**Precio Total (US$)**
1	4	Unidad central de procesamiento	515	2060
2	1	Unidad central de procesamiento	590	590
3	7	Módulo 14 entradas digitales	175	1225
4	6	Módulo 8 salidas digitales	225	1350
5	1	Antena Yagi 7dB	260	260
6	4	Antena omni direccional 1dB gain	22,03	88,12
7	30	Cable coaxial RG-58	20	600
9	5	Radio Módem Digital	1280	6400
10	5	Pararrayo conectores tipo N, hembra 1 Ghz	145	725
12	12	Canaleta portacable 40x40	18	216
13	4	Interruptor C60N 1x25A Curva C	72	288
14	4	Interruptor C60N 1x3A Curva C	72	288
15	4	Interruptor C60N 1x1A Curva C	72	288
16	2	Riel Din 35	12	24
17	10	Borne fusible	2	20
18	10	Fusible (1A)	7	70
19	80	Borne de paso Gris	2	160
20	20	Borne de paso Azul	2	40
21	20	Borne de paso Rojo	2	40
22	10	Borne de tierra	2	20
23	30	Soporte final de bornera	2	60
24	100	Cable de control 18 AWG	10	1000
Total			**3507,03**	**15.812,12**

Haciendo una comparación de costos y materiales empleados para el desarrollo tanto del sistema antiguo como del sistema nuevo, ya implementado, se evidencia un ahorro de 93% en costos de implementación y/o repotenciación de equipos. Al mismo tiempo, se gana la oportunidad de transportar 10.585 Toneladas por año equivalentes a 1.058.500,00 dólares por año.

Beneficios

a. Mejoras del sistema automatizado:
   i) Rapidez de respuesta: la velocidad de transmisión vía radio enlace es mayor que mediante cable de control.
   ii) Menor cantidad de dispositivos de control.
b. Arquitectura abierta: el sistema permite la integración de nuevos dispositivos.
c. Mantiene supervisión remota y registro de eventos: Es una característica que posee el sistema actual que se mantiene en el sistema propuesto.
d. Posibilidad de rápido reemplazo de alguna unidad dañada.
e. Reducción de costos asociados a reposición del cable multipar por vandalismo o acciones del medio ambiente.
f. Sistema de comunicación segmentado (4 localidades): la información de campo estaría distribuida en 4 localidades (Km. 3.3, Km. 2.8, Km. 2.5, Km

1.0), lo cual facilita la ubicación de alguna falla y permite que la transmisión sea realizada directamente desde el campo, sin necesidad de pasarla por un punto intermedio (debajo del antiguo despacho) como ocurre actualmente.

g. Diseño e implementación, realizada con mano de obra ferrominera: Fortalecimiento del conocimiento tecnológico del personal de Mantenimiento de Señales.
h. Disminución de la dependencia en transferencia tecnológica (proyecto desarrollado por personal ferrominero).
i. Reemplazo dispositivos desincorporados del mercado por elementos de tecnología actual.

Conclusiones

La ejecución del Proyecto Modernización del sistema de comunicación entre el Despacho de Trenes y la Parte Oeste del Patio de Ferrocarril permitió:

» Garantizar una mayor disponibilidad operativa de los equipos de Comunicación para el control y señalización del Patio Oeste de Ferrocarril.
» Evitar demoras en las operaciones ferroviarias por causa de fallas en el sistema de comunicación.
» Disminuir los riesgos físicos para el personal de operaciones ferroviarias.
» Reducir costos de mantenimiento y cantidad de equipos, lo cual implica disminución de las probabilidades de falla del sistema.
» Reutilizar componentes.
» Ubicar más rápidamente un punto de falla (segmentación en 4 localidades).
» Fortalecer el conocimiento tecnológico del personal de Mantenimiento de Señales (proyecto desarrollado por trabajadores de Ferrominera).
» Reemplazar dispositivos desincorporados del mercado por elementos de tecnología actual.

Referencias Bibliográficas

Manual de Usuario. Controlador Lógico Programable ICP CON I-7188XG. Abril 2002.

Manual de Usuario. I-7000 DIO Manual. Septiembre 2000.

Manual de Usuario. I/O Expansión Bus I-7188X/I-7188E Series. Enero 2005.

Manual de Instalación y Operación de Radio Módem TS4000.

Reglamento de Operaciones Ferroviarias. CVG Ferrominera Orinoco. Enero 2008.